

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et strekklegeme i samsvar med ingressen til det etterfølgende krav 1. Strekklegemet ifølge oppfinnelsen er i første rekke tenkt anvendt i forbindelse med strekkstag for strekkstagplattform, men andre anvendelser er også aktuelle, slik som stag eller wire for broer (for eksempel hengebroer eller skråstagbroer), forankring av undersjøiske tunneler eller andre anvendelser der det er behov for en lett og sterk wire eller stag. Oppfinnelsen er derfor ikke begrenset til den etterfølgende beskrevne anvendelse.

Strekkstagsplattformer anvendes i stor utstrekning ved boring og produksjon på oljefelt der det av forskjellige grunner ikke er mulig eller økonomisk forsvarlig å installere en fast plattform, og der det ikke vil være hensiktsmessig å anvende en flytende plattform forankret ved hjelp av ankere og ankerkjettinger.

Strekkstagsplattformene er i prinsippet flytende plattformer, der det imidlertid istedet for en slak forankring ved hjelp av ankere og ankerkjettinger, strekker seg strekkstag fra plattformen tilnærmet vertikalt ned til en forankring på havbunnen. Strekkstagene er satt under et betydelig strekk, for at plattformen skal holde seg mest mulig i samme posisjon i forhold til havbunnen. Plattformens stabile stilling er av stor fordel både ved boring og produksjon. Imidlertid stiller dette store krav til strekkstagene som anvendes og disses innfesting i plattformen og forankringen på havbunnen.

De mest benyttede av dagens strekkstag består av stålør i seksjoner. Seksjonene kan ha ulike lengder, ulike diametere og oppvise forskjellige veggtykkelser, avhengig av størrelsen på plattformen og vann dybden. Stagene lages alltid som rør med luftfylte hulrom, slik at stagets vekt i vann blir kraftig redusert. Dette gir mindre belastning på plattformen: Dimensjoneringen mot utvendig vanntrykk blir derfor et designkriterium. Disse stålstagene fungerer godt på moderate dyp, dvs. dybder på noen få hundre meter. Imidlertid foregår nå olje- og gassproduksjon på stadig større dyp, gjerne opp til 2000 m. Under slike forhold stilles det store krav til strekkstagenes styrke, og strekkstag av stål vil ikke kunne anvendes. Veggtykkelsen ville da av hensyn til det økede vannstrykket måtte være svært stor og rørene ville derved bli svært tunge. Av transporthensyn ville de også måtte bestå av svært mange seksjoner som ville måtte skjøtes sammen under installasjonen. Strekkstagene ville derved få et betydelig antall

skjøter, som også ville bidra til den betydelige vektøkningen. For å motvirke vektøkningen kan det være aktuelt å utstyre stagen med et stort antall flytelegemer.

Alt dette ville føre til en svært dyr og tung installasjon.

Karbonfiber har, med sin lave vekt og høye strekkstyrke, allerede funnet anvendelse på forskjellige områder i forbindelse med olje- og gassutvinning, for eksempel som heisekabel for store dyp, der tyngden av en heisekabel i stål ville skape problemer.

Ifølge den foreliggende oppfinnelse tas det sikte på å utnytte karbonfibrener fordelaktige egenskaper, spesielt den store styrken ved strekkspenninger, også ved bruk i strekkstag. Imidlertid har karbonfibrener også én betydelig negativ egenskap; de har svært liten bruddstyrke ved skjærspenninger. Ved utformingen av et strekkstag bestående av karbonfiber vil man måtte ta hensyn til dette.

Fra den foreliggende søkers eget norske patent 304839 (tilsvarer WO 98/39513) er det kjent et strekkelegeme som har hentet idéer fra søkerens egen rørbuntkabel slik denne er beskrevet i NO 155826. Her er flere mindre rørdninger lagt i en bunt på en måte som gjør at de kan bevege seg aksielt i forhold til hverandre. Kabelen er imidlertid ikke egnet til å ta opp store strekk.

NO 174940 beskriver en fremgangsmåte og en maskin for sammenslagning av flere langstrakte rørdninger eller kabler til en kabelstreng. Denne kabelstrengen omfatter et senterrør. Heller ikke her er kabelstrengen egnet for å oppta store strekk.

EP 685 592 beskriver en fremgangsmåte for å adskille de individuelle kordelene i en stålvire for å hindre slitasje og øke tverrsnittet. Plastelementene mellom kordelene vil klemmes sammen når kabelen belastes og derved forhindres kontakt mellom kordelene. Kordelene er ikke aksielt fritt bevegelige i forhold til hverandre p.g.a. denne klemvirkningen.

FR 2078622 beskriver også en stålvire der det er lagt inn et fyllstoff for å skille de individuelle virene. Fri aksiell bevegelse av kordelene vanskeliggjøres da det oppstår direkte kontakt mellom disse.

US 3.088.269 beskriver en fremgangsmåte for å fremstille en stålvire med glatt overflate for bruk til taubaner o.l. Fyllstoffelementer er innlagt mellom kordelene for å feste disse og holde de fra hverandre. Heller ikke her er det mulighet for fri bevegelse mellom kordelene, idet det tvert imot tas sikte på en klemvirkning mellom kordelene og elementene.

Løsningen ifølge det foran nevnte norske patentet 304839 tok sikte på å tilveiebringe et strekkstag fortrinnsvis av karbonfiber, som kunne anvendes for strekkstagsplattformer på store dyp, der karbonfibre var beskyttet mot skjærspenninger ved hjelp av trykkfaste avstandselementer med utsparinger hvori kordelene enkeltvis var slik innlagt at de kunne bevege seg i lengderetningen uten hinder av hverandre og av avstandselementene.

Selv om denne løsningen fungerer utmerket, er imidlertid oppbygningen komplisert og fremstillingen omstendelig. Avstandselementene bidrar også til økt diameter, som er en ulempe når strekklegemet skal spoles opp, og til økt vekt. Dessuten fordyrer avstandselementene strekklegemet.

Man har derfor søkt å komme frem til en enklere og billigere løsning. Dette har manifestert seg i et strekklegeme av den ovenfor nevnte typen, der hver kordel utvendig er belagt med en kappe av et materiale som har lav friksjonskoeffisient, slik at kordelene kan bevege seg lengdeveis i forhold til hverandre og uavhengige av hverandre.

Oppfinnelsen skal nå beskrives nærmere under henvisning til de medfølgende tegninger, der:

Figur 1 viser et perspektiv av en strekkstagsplattform,

figur 2 viser et snitt gjennom et strekklegeme ifølge NO 304 839,

figur 3 viser et snitt gjennom et strekklegeme ifølge en første utførelsesform av oppfinnelsen,

figur 4 viser et snitt gjennom et strekklegeme ifølge en andre utførelsesform av oppfinnelsen, og

- 5 figur 5 viser et snitt gjennom et strekklegeme ifølge en tredje utførelsesform av oppfinnelsen.

Figur 1 viser en strekkstagplattform 1. Den består av en flytende plattform 2, et antall strekkstag 3 og forankringer 4 på havbunnen for forankring av strekkstagene 3. Strekkstagene 3 er fortrinnsvis innfestet i plattformens 2 hjørner, for eksempel tre strekkstag 3 i hvert hjørne. Ved å sørge for overskudd av oppdrift i plattformen 2 settes strekkstagene 3 under et betydelig strekk. På grunn av dette vil plattformen 2 bevege seg svært lite i forhold til havbunnen.

- 15 Strekkstaget baserer seg på bruk av karbonfiber. Karbonfiberbaserte strekkstag har mange fordeler fremfor de konvensjonelle strekkstagene bestående av stålrør. For det første er de betydelig lettere, anslagsvis en femtedel av stålets egenvekt, og for det andre kan de kveiles opp for transport.
- 20 Imidlertid er karbonfibre, på tross av stor aksjell styrke, svært ømfintlige overfor skjærbelastninger. Det er derfor viktig å beskytte fiberfilamentene mot skjærbelastninger. Når karbonfibrene tvinnes til kordeler er det viktig at fiberfilamentene blir liggende stabil i forhold til hverandre og ikke gnisser mot hverandre under oppkveiling eller bruk. Dette kan man oppnå ved å legge filamentene i f.eks. en tettpakket heksagonal
- 25 konfigurasjon, Warrington Seal etc. Imidlertid vil én enkel kordel, dersom den skulle ha nok styrke til å kunne anvendes alene som strekklegeme i et strekkstag, måtte få en betydelig diameter og den ville bli så stiv at den vanskelig kunne kveiles opp. I et strekklegeme for bruk som strekkstag vil man derfor måtte bruke flere kordeler, som må tvinnes rundt en felles lengdeakse. Derved vil filamenter i tilstøtende kordeler krysse
- 30 hverandre og presses mot hverandre. Dette fører til at det oppstår skjærspenninger i kordelenes ytre filamenter. Disse vil, som følge av dette, kunne brette, spesielt når det finner sted bevegelse mellom kordelene.

I figur 2 er det vist hvordan et strekklegeme ifølge kjent teknikk er bygget opp, der kordelene holdes i avstand fra hverandre og tillates å bevege seg i forhold til hverandre uten at det oppstår gnisning mellom filamentene. Strekklegemet ifølge figur 2 består av bunter eller kordeler 5, som i sin tur består av et betydelig antall enkeltfilamenter 6.

Innenfor hver kordel 5 er enkeltfilamentene 6 fortrinnsvis tvunnet om en felles senterakse. Strekklegemet består av et antall kordeler 5 som kan være plassert innbyrdes på forskjellige måter.

Innenfor hver kordel 5 foregår det minimalt av bevegelse mellom enkeltfilamentene 6.

Mellom hver kordel kan det imidlertid finne sted betydelige bevegelser. Disse bevegelsene fører til gnisning av kordelene mot hverandre. Over tid vil dette føre til at de belastningsutsatte filamentene ryker og strekklegemet svekkes. For å unngå dette er det ifølge NO 304 839 anbragt trykklaste avstandselementer 7 mellom kordelene 5. I avstandselementene 7 er det utformet utsparinger 9, 11, 12 og 14 i elementer 8 som danner langsgående kanaler tilpasset formen av en kordel 5.

Ytterst er strekklegemet utstyrt med en omsluttende kappe 16 for å holde avstandselementene 7 på plass og beskytte strekklegemet mot ytre påvirkning.

I figur 3 er det vist et første utførelseseksempel av et strekklegeme ifølge den foreliggende oppfinnelsen. Hver kordel 20 består av et antall komposittstaver (filamenter) 21, som er bygget opp på i og for seg kjent måte av karbonfiber i en matrise. Hver stav kan være fra 4 – 10 mm tykk. Stavene 21 i hver kordel er tvunnet rundt hverandre med en stigning på fra 3 – 8 m.

Rundt hver kordel 20 er det lagt en kappe 22 av et materiale med lav friksjonskoeffisient. Et hensiktsmessig materiale er for eksempel polyetylen (PE), men også andre materialer er velegnet, for eksempel polyuretan (PUR).

Etter fremstillingen av kordelene og før strekklegemet fremstilles, kveiles kordelene opp på en trommel med en diameter på mellom 1 og 2,5 meter. Stigningen på tvinningen er tilpasset trommeldiameteren slik at stigningen maksimalt er lik

trommelens omkrets. Med en slik tilpasning blir alle komposittstavene like lange rundt trommelomkretsen.

I utførelsesformen ifølge figur 3 er det lagt en indre sirkel 23 av kordeler 20 med lik diameter og en ytre sirkel 24 av kordeler 20 der annenhver kordel har stor og annenhver kordel har liten diameter. Kordelene 20 med stor diameter får plass i mellomrommene mellom kordelene 20 i den indre sirkelen 23, og kordelene 20 med liten diameter får plass rett utenfor kordelene 20 i den indre sirkelen. På denne måten får man utnyttet strekkelegemets tverrsnitt maksimalt med størst mulig antall komposittstaver 21.

I strekkelegemets kjerne er det plassert et fyllelement 31, som kan bestå av PVC, og som har til funksjon å danne en støtte for kordelene i den indre sirkelen 23.

Utenfor den ytre sirkelen 24 er det plassert et antall avstandselementer 25, som hver er utstyrt med en utsparing 26 med en krumning tilpasset den hosliggende kordelens 20 ytre omkrets. Avstandselementene 25 er utstyrt med korresponderende låseelementer 27 og 28, som griper inn i hverandre og sørger for å holde avstandselementene 25 på plass i forhold til hverandre. Avstandselementene sørger for å skape en avstand mellom kordelene 20 og en ytre beskyttelseskappe 29 og at strekkelegemets ytre omkrets blir rund. Avstandselementene beskytter også kordelene 20 mot slag og hindrer beskyttelseskappen i å klemme kordelene mot hverandre. Når beskyttelseskappen 29 legges rundt avstandselementene presses disse hardt mot hverandre på sine tilstøtende sider, men p.g.a. låseelementene 27 og 28 kan avstandselementene 25 ikke forskyves i forhold til hverandre i radiell retning og danner derved en barriere mot kordelene 20 innenfor.

Kordelene 20 ligger fortrinnsvis inntil hverandre, men uten nevneverdig press mot hverandre, slik at de er i stand til uhindret å bevege seg lengdeveis i forhold til hverandre. Imidlertid kan det godt være en viss klaring mellom kordelene i den ytre sirkelen 24 og avstandselementene.

Den ytre beskyttelseskappen 29 er fortrinnsvis fremstilt av polyetylen (PE) mens avstandselementene 25 fortrinnsvis består av polyvinylklorid (PVC).

I figur 4 er det vist en andre utførelsesform av strekklegemet ifølge den foreliggende oppfinnelse. Kordelene 20 ligger her ordnet på samme måte som i figur 3, i en indre sirkel 23 og en ytre sirkel 24. I stedet for avstandselementene 25 er det imidlertid anordnet avstandselementer 30 av et materiale med oppdrift i vann, for eksempel et syntaktisk skum. På samme måten som avstandselementene 25 er avstandselementene 30 utstyrt med komplementære låseelementer 27 og 28 på de tilstøtende flatene. Når den ytre beskyttelseskappen 29 legges med press rundt avstandselementene 30 presses disse tett mot hverandre, men hindrer at de innenforliggende kordelene 20 presses mot hverandre.

Utførelsesformene ifølge figurene 3 og 4 har fem kordeler i den indre sirkelen 23. Imidlertid kan det også anordnes flere eller færre kordeler i denne sirkelen. Dersom det anordnes seks kordeler her, vil det bli plass for en kordel med samme diameter i strekklegemet's kjerne i stedet for fyllelementet 31. Alternativt, kan det også anordnes en kordel med mindre diameter i kjernen dersom det er anordnet fem kordeler rundt.

I figur 5 er det vist en tredje utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse. Her er kordelene 20 anordnet i tre sirkler. De to innerste sirklene er 23 og 24 lik sirklene i utførelsesformene ifølge figurene 3 og 4. Utenfor disse er det anordnet en tredje sirkel 32 av kordeler 20. Her er det plassert kordeler 20 med annenhver liten og annenhver stor diameter. Kordelene 20 med liten diameter er anordnet i mellomrommene mellom kordelene i den innenforliggende sirkelen 24, mens kordelene 20 med stor diameter er anordnet rett utenfor kordelene 20 i den inneforliggende sirkelen 24.

Utenfor den tredje sirkelen 32 av kordeler 20 er det plassert avstandselementer 25, som er av samme type som avstandselementene 25 i figur 3. Avstandselementene 25 ifølge figur 3 eller figur 5 er utstyrt med hulrom 33, som letter vekten av strekklegemet.

Figur 6 viser en fjerde utførelsesform som har kordeler 20 fordelt i tre sirkler på samme måte som i utførelsesformen ifølge figur 5. Imidlertid er strekklegemet ifølge denne utførelsesformen utstyrt med avstandselementer 30 av et materiale med oppdrift i vann, for eksempel et syntaktisk skum, på samme måten som i utførelsesformen ifølge figur 4.

- Kordelene 20 er fortrinnsvis tvunnet om strekklegemets kjerne med en stigning på 10 – 50 m. Etter fremstillingen kveiles strekklegemet opp på en trommel med en diameter på mellom 4 og 16 meter. Kordelenes tvinning tilpasses trommeldiameteren slik at stigningen maksimalt er lik trommelens omkrets. Med en slik tilpasning blir alle
- 5 kordelene like lange rundt trommelomkretsen.

Oppfinnelsen er ikke begrenset av de viste konfigurasjoner av kordeler, idet den omfatter enhver tenkelig fordeling av kordeler som kan anvendes i praksis.

- 10 I stedet for å anordne oppdriftslegemer innenfor den beskyttende kappen 29, slik som vist ved avstandselementene 30, kan man plassere disse på utsiden av kappen 29.

Oppfinnelsen er således kun begrenset av det etterfølgende selvstendige patentkrav.



P a t e n t k r a v

1.

Strekkelegeme, omfattende et antall fiberfilamenter (21) samlet til et antall kordeler (20) i hvilke filamentene (21) løper tett inntil hverandre, rundt hvilke kordeler (5) det er anordnet en beskyttelseskappe (16), k a r a k t e r i s e r t v e d at hver kordel (20) utvendig er belagt med en kappe (22) av et materiale som har lav friksjonskoeffisient, slik at kordelene (20) kan bevege seg lengdeveis i forhold til hverandre og uavhengige av hverandre.

2.

Strekkelegeme ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at kappen består av polyetylen eller polyuretan

3.

Strekkelegeme ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at det mellom minst noen av kordelene (20) og beskyttelseskappen (29) er anordnet avstandselementer (25, 30) med utsparinger (26), hvilke utsparinger er tilpasset de hosliggende kordelenes (20) tverrsnittsforn.

4.

Strekkelegeme ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at avstandselementene (25, 30) er utstyrt med komplementære låselementer (27, 28) på sine tilstøtende flater.

5.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 3 - 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at avstandselementene (25, 30) definerer et innenforliggende hulrom med et tverrsnitt minst tilsvarende tilnærmet kordelenes (20) samlede tverrsnitt

6.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 3 - 5, k a r a k t e r i s e r t  
v e d at minst ett av avstandselementene (30) omfatter et materiale med oppdrift i  
vann.

5

7.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 3 - 6, k a r a k t e r i s e r t  
v e d at avstandselementene (25) består av PVC.

10

8.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 3 - 6, k a r a k t e r i s e r t  
v e d at avstandselementene (25) består av et materiale med oppdrift i vann.

9.

15

Strekkelegeme ifølge et av kravene 1 - 8, k a r a k t e r i s e r t  
v e d at filamentene (21) er tvunnet med en stigning som maksimalt tilsvarer  
omkretsen av en trommel som kordelene (20) skal kveiles på.

10.

20

Strekkelegeme ifølge et av kravene 1 - 9, k a r a k t e r i s e r t  
v e d at kordelene (20) er tvunnet med en stigning som maksimalt tilsvarer  
omkretsen av en trommel som strekkelegemet (20) skal kveiles på.

## Sammendrag

Strekkelegeme som omfatter et antall fiberfilamenter (21) samlet til et antall kordeler (20). Filamentene (21) løper tett inntil hverandre og rundt kordelene (5) det er anordnet en beskyttelseskappe (16). Hver kordel (20) utvendig er belagt med en kappe (22) av et materiale som har lav friksjonskoeffisient, slik at kordelene (20) kan bevege seg lengdeveis i forhold til hverandre og uavhengige av hverandre.

## Figur 3

09071608-053101

1.

- 5   Strekklegeme, omfattende et antall fiberfilamenter (21) samlet til et antall kordeler (20) i  
hvilke filamentene (21) løper tett inntil hverandre, rundt hvilke kordeler (5) det er anordnet en  
beskyttelseskappe (16), k a r a k t e r i s e r t   v e d   at det mellom  
minst noen av kordelene (20) og beskyttelseskappen (29) er anordnet avstandselementer (25,  
30), hvilke avstandselementer (25, 30) definerer et innenforliggende hulrom med et tverrsnitt  
10   minst tilsvarende tilnærmet kordelenes (20) samlede tverrsnitt og at hver kordel (20) utvendig  
er belagt med en kappe (22) av et materiale som har lav friksjonskoeffisient, slik at kordelene  
(20) kan bevege seg lengdeveis i forhold til hverandre og uavhengige av hverandre.

2.

- 5   Strekklegeme ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t   v e d   at kappen  
består av polyetylen eller polyuretan

3.

- 20   Strekklegeme ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t   v e d   at  
avstandselementene (25, 30) er utstyrt med utsparinger (26), hvilke utsparinger er tilpasset de  
hosliggende kordelenes (20)tverrsnittsform.

4.

- 25   Strekklegeme ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t   v e d   at  
avstandselementene (25, 30) er utstyrt med komplementære låseelementer (27, 28) på sine  
tilstøtende flater.

5.

- 30   Strekklegeme ifølge et av kravene 1 - 4, k a r a k t e r i s e r t   v e d   at  
minst ett av avstandselementene (30) omfatter et materiale med oppdrift i vann.

6.

- Strekklegeme ifølge et av kravene 1 - 5, k a r a k t e r i s e r t   v e d   at  
avstandselementene (25) består av PVC.

7.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 1 - 6, k a r a k t e r i s e r t v e d a t avstandselementene (25) består av et materiale med oppdrift i vann.

5

8.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 1 - 7, k a r a k t e r i s e r t v e d a t filamentene (21) er tvunnet med en stigning som maksimalt tilsvarer omkretsen av en trommel som kordelene (20) skal kveiles på.

10

9.

Strekkelegeme ifølge et av kravene 1 - 9, k a r a k t e r i s e r t v e d a t kordelene (20) er tvunnet med en stigning som maksimalt tilsvarer omkretsen av en trommel som strekkelegemet (20) skal kveiles på.

09871608 053101